

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-266499

(P 2 0 0 1 - 2 6 6 4 9 9 A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード (参考)
G11B 20/14	341	G11B 20/14	341 A 5D044
20/10	301	20/10	301 Z 5J065
20/18	534	20/18	534 Z
	542		542 C
H03M 7/14		H03M 7/14	B

審査請求 未請求 請求項の数88 O L (全31頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-87127 (P 2000-87127)

(22) 出願日 平成12年3月23日 (2000.3.23)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 服部 雅之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

一株式会社内

(72) 発明者 村山 淳

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

一株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

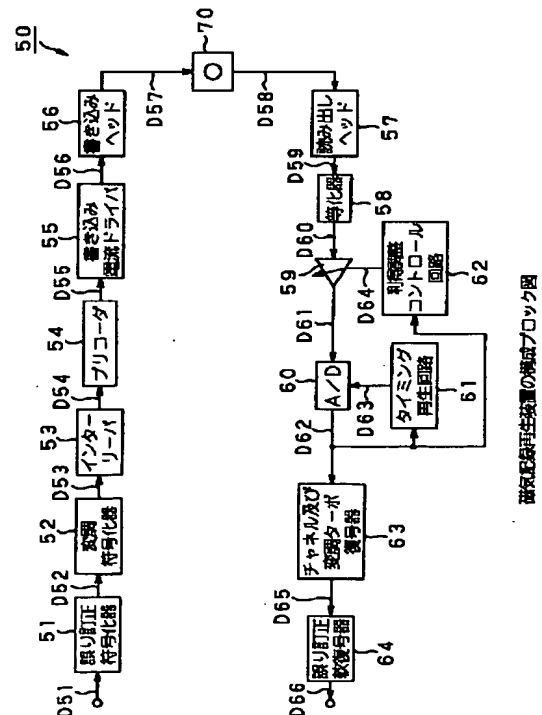
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ記録装置及びデータ記録方法、データ再生装置及びデータ再生方法、並びに、データ記録再生装置及びデータ記録再生方法

(57) 【要約】

【課題】 高性能の符号化及び高効率の復号を実現して復号誤り率を低下する。

【解決手段】 磁気記録再生装置50は、記録系において、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化器52と、この変調符号化器52から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替えるインターリーバ53とを備える。また、磁気記録再生装置50は、再生系において、インターリーバ53により並べ替えられたデータのビット配列を元に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替えるデインターリーバと、このデインターリーバから供給されたデータを変調復号する変調SISO復号器と、インターリーバ53と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調SISO復号器から出力されたデータとデインターリーバから出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えるインターリーバとを有するチャネル及び変調ターボ復号器63を備える。



磁気記録再生装置の構成ブロック図

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、

入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、

上記変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌手段とを備えることを特徴とするデータ記録装置。

【請求項 2】 上記攪拌手段から供給されたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すブリコード手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 3】 入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段を備え、

上記変調符号化手段は、上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータに対して変調符号化を施すことを特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 4】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 5】 上記攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌することを特徴とする請求項 4 記載のデータ記録装置。

【請求項 6】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項 4 記載のデータ記録装置。

【請求項 7】 上記攪拌手段は、上記変調符号化手段によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項 6 記載のデータ記録装置。

【請求項 8】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 4 記載のデータ記録装置。

【請求項 9】 上記攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項 8 記載のデータ記録装置。

【請求項 10】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 11】 記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、

入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、

上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌工程とを備えることを特徴とするデータ記録方法。

【請求項 12】 上記攪拌工程にて並べ替えられたデー

タに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すブリコード工程を備えることを特徴とする請求項 11 記載のデータ記録方法。

【請求項 13】 入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程を備え、

上記変調符号化工程では、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータに対して変調符号化を施すことを特徴とする請求項 11 記載のデータ記録方法。

【請求項 14】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 11 記載のデータ記録方法。

【請求項 15】 上記攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌することを特徴とする請求項 14 記載のデータ記録方法。

【請求項 16】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項 14 記載のデータ記録方法。

【請求項 17】 上記攪拌工程では、上記変調符号化工程にてブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項 16 記載のデータ記録方法。

【請求項 18】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 14 記載のデータ記録方法。

【請求項 19】 上記攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項 18 記載のデータ記録方法。

【請求項 20】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項 11 記載のデータ記録方法。

【請求項 21】 入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、上記変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、

上記第 1 の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、

上記逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、

上記第 1 の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記変調復号手段から出力されたデータと上記逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌手段とを備えることを特徴とするデータ再生装置。

【請求項 22】 上記変調復号手段は、軟入力信号を入力するとともに、軟出力信号を出力することを特徴とする請求項 21 記載のデータ再生装置。

【請求項 23】 上記記録機器は、上記第 1 の撹拌手段から供給されたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備えており、チャネル応答に対する復号を行うチャネル復号手段を備えることを特徴とする請求項 21 記載のデータ再生装置。

【請求項 24】 上記チャネル復号手段は、軟入力信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 23 記載のデータ再生装置。

【請求項 25】 上記チャネル復号手段は、軟入力信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 23 記載のデータ再生装置。

【請求項 26】 上記逆撹拌手段は、上記チャネル復号手段から出力されたデータと上記第 2 の撹拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を撹拌して並べ替え、
上記変調復号手段と上記チャネル復号手段との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項 24 記載のデータ再生装置。

【請求項 27】 上記記録機器は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施して上記変調符号化手段に供給する誤り訂正符号化手段を備えており、
入力した軟入力信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号手段を備え、
上記誤り訂正軟復号手段は、繰り返し復号の結果上記変調復号手段により得られた軟出力のデータに対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項 26 記載のデータ再生装置。

【請求項 28】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うものであり、
上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項 21 記載のデータ再生装置。

【請求項 29】 上記第 1 の撹拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように撹拌するものであることを特徴とする請求項 28 記載のデータ再生装置。

【請求項 30】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行うものであることを特徴とする請求項 28 記載のデータ再生装置。

【請求項 31】 上記変調復号手段は、
上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、
上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調

符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項 30 記載のデータ再生装置。

【請求項 32】 上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 30 記載のデータ再生装置。

【請求項 33】 上記第 1 の撹拌手段は、上記変調符号化手段によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で撹拌するものであることを特徴とする請求項 30 記載のデータ再生装置。

【請求項 34】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うものであり、
上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 28 記載のデータ再生装置。

【請求項 35】 上記第 1 の撹拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で撹拌するものであることを特徴とする請求項 34 記載のデータ再生装置。

【請求項 36】 上記変調復号手段は、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 22 記載のデータ再生装置。

【請求項 37】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項 21 記載のデータ再生装置。

【請求項 38】 入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を撹拌して並べ替える第 1 の撹拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、
上記第 1 の撹拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を撹拌して並べ替える逆撹拌工程と、
上記逆撹拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、

上記第 1 の撹拌工程と同一の撹拌位置情報に基づいて、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記逆撹拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を撹拌して並べ替える第 2 の撹拌工程とを備えることを特徴とするデータ再生方法。

【請求項 39】 上記変調復号工程では、軟入力信号を入力するとともに、軟出力信号を出力することを特徴とする請求項 38 記載のデータ再生方法。

【請求項 40】 上記記録方法は、上記第 1 の撹拌工程にて並べ替えられたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備えてお

り、
チャンネル応答に対する復号を行うチャンネル復号工程を備えることを特徴とする請求項38記載のデータ再生方法。

【請求項41】 上記チャンネル復号工程では、軟入力信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項40記載のデータ再生方法。

【請求項42】 上記チャンネル復号工程では、軟入力信号を入力し、チャンネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項40記載のデータ再生方法。

【請求項43】 上記逆攪拌工程では、上記チャンネル復号工程にて復号がなされたデータと上記第2の攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記変調復号工程と上記チャンネル復号工程との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項41記載のデータ再生方法。

【請求項44】 上記記録方法は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施して上記変調符号化工程にて入力されるデータを生成する誤り訂正符号化工程を備えており、

入力した軟入力信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号工程を備え、

上記誤り訂正軟復号工程では、繰り返し復号の結果上記変調復号工程にて得られた軟出力のデータに対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項43記載のデータ再生方法。

【請求項45】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項38記載のデータ再生方法。

【請求項46】 上記第1の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌していることを特徴とする請求項45記載のデータ再生方法。

【請求項47】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行っていることを特徴とする請求項45記載のデータ再生方法。

【請求項48】 上記変調復号工程は、上記変調符号化工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出された尤度値を用いて、上記変調符号化工程にて入力された入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項47記載のデータ再生方法。

【請求項49】 上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項47記載のデータ再生方法。

【請求項50】 上記第1の攪拌工程では、上記変調符号化工程にてブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌していることを特徴とする請求項47記載のデータ再生方法。

【請求項51】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項45記載のデータ再生方法。

【請求項52】 上記第1の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌していることを特徴とする請求項51記載のデータ再生方法。

【請求項53】 上記変調復号工程では、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項39記載のデータ再生方法。

【請求項54】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項38記載のデータ再生方法。

【請求項55】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、

入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、

上記変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段とを備え、

上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、

上記第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、

上記逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、

上記第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記変調復号手段から出力されたデータと上記逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備えることを特徴とするデータ記録再生装置。

【請求項56】 上記変調復号手段は、軟入力信号を入力するとともに、軟出力信号を出力することを特徴とする請求項55記載のデータ記録再生装置。

【請求項57】 上記記録系は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備え、

上記再生系は、チャンネル応答に対する復号を行うチャンネル復号手段を備えることを特徴とする請求項 55 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 58】 上記チャンネル復号手段は、軟入力 of 信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 57 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 59】 上記チャンネル復号手段は、軟入力 of 信号を入力し、チャンネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 57 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 60】 上記逆攪拌手段は、上記チャンネル復号手段から出力されたデータと上記第 2 の攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記変調復号手段と上記チャンネル復号手段との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項 58 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 61】 上記記録系は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段を備え、上記変調符号化手段は、上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータに対して変調符号化を施し、上記再生系は、入力した軟入力 of 信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号手段を備え、上記誤り訂正軟復号手段は、繰り返し復号の結果上記変調復号手段により得られた軟出力 of データに対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項 60 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 62】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行い、上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項 55 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 63】 上記第 1 の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌することを特徴とする請求項 62 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 64】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項 62 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 65】 上記変調復号手段は、上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、

上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項 64 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 66】 上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とす

る請求項 64 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 67】 上記第 1 の攪拌手段は、上記変調符号化手段によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項 64 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 68】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行い、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 62 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 69】 上記第 1 の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項 68 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 70】 上記変調復号手段は、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 56 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 71】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項 55 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 72】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、

上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、

上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌工程とを備え、

上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、

上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、

上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、

上記第 1 の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌工程とを備えることを特徴とするデータ記録再生方法。

【請求項 73】 上記変調復号工程では、軟入力 of 信号を入力するとともに、軟出力 of 信号を出力することを特徴とする請求項 72 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 74】 上記記録系は、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備え、

上記再生系は、チャンネル応答に対する復号を行うチャンネル復号工程を備えることを特徴とする請求項 72 記載の

データ記録再生方法。

【請求項 7 5】 上記チャネル復号工程では、軟入力
の信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求
項 7 4 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 6】 上記チャネル復号工程では、軟入力
の信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基
づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 7 4 記
載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 7】 上記逆撹拌工程では、上記チャネル復
号工程にて復号がなされたデータと上記第 2 の撹拌工程 10
にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデー
タの順序を撹拌して並べ替え、

上記変調復号工程と上記チャネル復号工程との間で繰
返し復号を行うことを特徴とする請求項 7 6 記載のデー
タ記録再生方法。

【請求項 7 8】 上記記録系は、入力したデータに対し
て誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程を備え、
上記変調符号化工程では、上記誤り訂正符号化工程にて
符号化がなされたデータに対して変調符号化を施し、
上記再生系は、入力した軟入力信号に対して誤り訂正 20
符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号工程を備え、
上記誤り訂正軟復号工程では、繰返し復号の結果上記
変調復号工程にて得られた軟出力のデータに対して誤り
訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項 7 7 記
載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 9】 上記変調符号化工程では、入力したデ
ータに対して制約条件にしたがって符号化を行い、
上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した復号を
行うことを特徴とする請求項 7 2 記載のデータ記録再生
方法。

【請求項 8 0】 上記第 1 の撹拌工程では、上記変調符
号化工程にて符号化がなされたデータを上記制約条件を
満たすように撹拌することを特徴とする請求項 7 9 記載
のデータ記録再生方法。

【請求項 8 1】 上記変調符号化工程では、入力したデ
ータに対してブロック変調による符号化を行うことを特
徴とする請求項 7 9 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 2】 上記変調復号工程は、上記変調符号化
工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を
算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出さ
れた尤度値を用いて、上記変調符号化工程にて入力され
た入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出
力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情
報を求めることを特徴とする請求項 8 1 記載のデータ記
録再生方法。

【請求項 8 3】 上記変調復号工程では、上記制約条件
に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴と
する請求項 8 1 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 4】 上記第 1 の撹拌工程では、上記変調符 50

号化工程にてブロック変調による符号化がなされたデー
タを変調符号ブロック単位で撹拌することを特徴とする
請求項 8 1 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 5】 上記変調符号化工程では、入力したデ
ータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたが
って符号化を行い、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレ
リスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 7 9 記
載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 6】 上記第 1 の撹拌工程では、上記変調符
号化工程にて符号化がなされたデータを上記トレリスの
変調符号ブロック単位で撹拌することを特徴とする請求
項 8 5 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 7】 上記変調復号工程では、BCJRアル
ゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づく軟出力復号
を行うことを特徴とする請求項 7 3 記載のデータ記録再
生方法。

【請求項 8 8】 上記記録媒体として、磁気、光又は光
磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いるこ
とを特徴とする請求項 7 2 記載のデータ記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、記録媒体に対し
てデータを記録するデータ記録装置及びデータ記録方法、
記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生
装置及びデータ再生方法、並びに、記録媒体に対するデ
ータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置及びデー
タ記録再生方法に関する。

【0002】

30 【従来の技術】 例えば、ディジタルデータを記録する記
録媒体として、ハードディスクやいわゆるDVCR (Di
gital Video Cassette Recorder)、いわゆるCD (Com
pact Disc) やDVD (Digital Versatile Disk)、及
びいわゆるMO (Magnet Optical) 等の磁気、光及び
光磁気記録方式による各種記録媒体が広く知られてい
る。

【0003】 これらの記録媒体に対して信号を記録する
ためには、例えば、磁気記録方式による記録媒体に対し
ては書き込みヘッドにより磁化方向を制御したり、光記
録方式による記録媒体に対してはスタンプにより信号に
40 応じた長さのピットを形成するといったように、記録媒
体に対して物理的な処理を施す必要がある。その際、記
録媒体に記録された信号を読み出す再生側での読み出し
信号の振幅制御やクロック再生が正常に動作するよう
に、記録媒体に対して信号を記録する記録側では、通
常、予め信号に対して所定の変調符号化を施し、記録媒
体に対して信号を記録する方式が用いられる。

【0004】 この変調符号化を行う変調符号化器は、一
般に、各種制限のないバイナリ信号を入力し、各種制限
50 が加えられたバイナリ信号を出力する。ここで、信号に

対する制限としては、例えば、符号における“0”，“1”の個数が十分長い範囲で均等になるような制限であるDC free制限や、符号において連続する“0”の個数の最小値及び最大値が、それぞれ、 d 個及び k 個となる制限である (d, k) 制限等がある。 (d, k) 制限の概念を具体的に説明するために、 $(d, k) = (2, 7)$ 制限を満たす符号を出力する変調符号化器における入出力例を示すと、図13に示すようになる。すなわち、 $(d, k) = (2, 7)$ 制限を満たす符号を出力する変調符号化器150は、制限が加えられていない入力信号を入力すると、この入力信号に変調符号化を施し、連続する“0”の個数の最小値が2個、最大値が7個であるような出力信号を生成して出力する。

【0005】このように、制限のない系列を制限のある系列に変換する場合には、入力ビットの総数よりも出力ビットの総数が多くなる。ここで、入力ビットの総数を K 、出力ビットの総数を N と表すものとする、通常、 K/N を符号化率 R として表す。この符号化率 R は、変調符号化の効率を表す指標値となるものであり、同じ制限を満たす出力信号を生成する変調符号化器を比較した場合には、符号化率 R が高い変調符号化器は、符号化率 R が低い変調符号化器よりも、一定の出力ビットに対して多くの入力ビットを符号化できることを示す。換言すれば、符号化率 R が高い変調符号化器は、符号化率 R が低い変調符号化器よりも、定められた記録媒体に対して多くの情報を記録できる。

【0006】また、変調符号化には、入力ビットを所定の長さのブロックに区切り、各ブロックに対応する所定の長さのブロックに区切られた出力ビットを生成するブロック符号化方式と、入力ビットとこの入力ビットに対応する出力ビットの符号化単位が変動する可変長符号化方式とがある。例えば、変調符号化として通常用いられているいわゆる8/9符号や16/17符号はブロック符号化方式に属するものであり、いわゆる $(1, 7)$ RLL符号や $(2, 7)$ RLL符号は可変長符号化方式に属するものである。

【0007】例えば、入力ビットとして2ビットの信号を入力し、 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす3ビットの出力ビットを生成するブロック変調符号化方式の場合、変調符号化器は、次表1に示すような変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この変換テーブルを参照することによって、2ビットの入力ビットに対応する3ビットの出力ビットを求め、逐次出力する。

【0008】

【表1】

表1

変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

【0009】一方、変調符号化された信号を変調復号する変調復号器は、表1に示した変換テーブルに対応する表2に示すような逆変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この逆変換テーブルを参照することによって、3ビットの入力ビットに対応する2ビットの復号ビットを求め、逐次出力する。

【0010】

【表2】

表2

逆変換テーブルの一例

入力ビット	復号ビット
000	01
001	00
010	10
011	00
100	11
101	01
110	11
111	10

【0011】変調復号器としては、例えば図14に示すものがある。この変調復号器160は、少なくともROM (Read Only Memory) 161を備える。変調復号器160は、入力アドレス信号D161を入力し、この入力アドレス信号D161で与えられるROM161におけるアドレスに格納されている内容を変調復号信号D162として出力する。実際には、変調復号器160は、表2に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、表2における入力ビットに対応するROM161のアドレスに復号ビットの内容が格納されており、このアドレスに格納されている復号ビットを読み出すことによって、逆変換を行う。

【0012】また、変調復号器としては、例えば図15に示すものがある。この変調復号器170は、少なくとも組み合わせ回路171を備える。変調復号器170は、入力信号D171を入力し、組み合わせ回路171により入力信号D171に対する論理演算を行い、変調復号信号D172を生成する。実際には、変調復号器170は、表2に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、3ビットの入力信号D171を (a_0, a_1, a_2) 、2ビ

トの変調復号信号 D172 を (b_0 , b_1) と表すと、出力ビットである (b_0 , b_1) を、次式 (1) に示すような論理式に対応する組み合わせ回路 171 により生成する。なお、同式において、“|” は論理和を表し、

$$b_0 = (a_1 \& a_2) \left| \left(a_0 \& !a_1 \& !a_2 \right) \right| \left(!a_0 \& a_1 \& !a_2 \right) \\ b_1 = (a_0 \& !a_1) \left| \left(!a_0 \& !a_1 \& !a_2 \right) \right| \left(a_0 \& a_1 \& !a_2 \right)$$

... (1)

【0014】このような変調符号化器及び変調復号器を、磁気記録方式による記録媒体に対するデータの記録及び再生を行う磁気記録再生装置に適用した場合、この磁気記録再生装置は、図 16 に示すように構成される。

【0015】すなわち、同図に示す磁気記録再生装置 200 は、データを記録媒体 250 に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器 201 と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器 202 と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコード 203 と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ 204 と、記録媒体 250 に対してデータを記録するための書き込みヘッド 205 とを備える。また、磁気記録再生装置 200 は、記録媒体 250 に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体 250 に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド 206 と、入力したデータを等化する等化器 207 と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路 208 と、アナログデータをデジタルデータに変換するアナログ-デジタル変換器 (以下、A/D と記す。) 209 と、クロックを再生するタイミング再生回路 210 と、利得調整回路 208 を制御する利得調整コントロール回路 211 と、入力したデータに対していわゆるビタビ復号を施すビタビ復号器 212 と、入力したデータに対して変調復号を施す変調復号器 213 と、入力したデータ

“&” は論理積を表し、“!” は論理否定を表す。

【0013】

【数 1】

に対して誤り訂正復号を施す誤り訂正復号器 214 とを備える。

【0016】このような磁気記録再生装置 200 は、記録媒体 250 に対してデータを記録する場合には、次に示すような処理を行う。

【0017】まず、磁気記録再生装置 200 は、入力データ D201 を入力すると、この入力データ D201 に対して、誤り訂正符号化器 201 により誤り訂正符号化を施し、誤り訂正符号化データ D202 を生成する。

【0018】次に、磁気記録再生装置 200 は、変調符号化器 202 によって、誤り訂正符号化器 201 から供給された誤り訂正符号化データ D202 に対して変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データ D203 を生成する。

【0019】次に、磁気記録再生装置 200 は、プリコード 203 によって、変調符号化器 202 から供給された変調符号化データ D203 に対して、記録媒体 250 へのデータの書き込みから再生系における等化器 207 における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、プリコード信号 D204 を生成する。例えば、プリコード 203 は、チャネルが 1-D の特性を有する場合には、次式 (2) で表されるフィルタリング F を施す。

【0020】

【数 2】

$$F = \frac{1}{2}(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (2)$$

【0021】次に、磁気記録再生装置 200 は、書き込み電流ドライバ 204 によって、プリコード 203 から供給されたバイナリ信号であるプリコード信号 D204 に対して、 $0 \rightarrow -I_s$, $1 \rightarrow +I_s$ とするように、各ビットを書き込み電流値 I_s に変換し、書き込み電流信号 D205 を生成する。

【0022】そして、磁気記録再生装置 200 は、書き込みヘッド 205 によって、書き込み電流ドライバ 20

4 から供給された書き込み電流信号 D205 に応じた書き込み磁化信号 D206 を記録媒体 250 に対して与える。

【0023】磁気記録再生装置 200 は、このような処理を行うことによって、記録媒体 250 に対してデータを記録することができる。

【0024】一方、記録媒体 250 に記録されているデータを再生する場合には、磁気記録再生装置 200 は、

次に示すような処理を行う。

【0025】まず、磁気記録再生装置200は、読み出しヘッド206によって、記録媒体250から読み出し磁化信号D207を読み出し、この読み出し磁化信号D207に応じた読み出し電流信号D208を生成する。

【0026】次に、磁気記録再生装置200は、等化器207によって、読み出しヘッド206から供給された読み出し電流信号D208に対して、記録系における記録媒体250へのデータの書き込みから当該等化器207における出力までのチャンネル応答が所定の特性、例えば1-Dとなるように等化を行い、等化信号D209を生成する。

【0027】次に、磁気記録再生装置200は、利得調整回路208によって、利得調整コントロール回路211から供給される利得調整コントロール信号D213に基づいて、等化器207から供給された等化信号D209の利得を調整し、利得調整信号D210を生成する。なお、利得調整コントロール信号D213は、利得調整コントロール回路211によって、後述するデジタルチャンネル信号D211に基づいて生成されるものであり、等化信号D209の振幅を期待される値に保つため

$$R_{\Delta} = (1-D)/(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (3)$$

【0031】次に、磁気記録再生装置200は、変調復号器213によって、ビタビ復号器212から供給されたビタビ復号信号D214に対して変調復号を施し、記録系における変調符号化器202とは逆のデータの対応付けを図り、制限のある一定長の系列から、制限のない元の入力データ系列である変調復号信号D215を生成する。

【0032】そして、磁気記録再生装置200は、誤り訂正復号器214によって、変調復号器213から供給された変調復号信号D215に対して誤り訂正符号の復号を行い、出力データD216を生成する。

【0033】磁気記録再生装置200は、このような処理を行うことによって、記録媒体250に記録されているデータを再生することができる。

【0034】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の磁気記録再生装置200においては、再生系における変調復号器213が変調符号化器202による変調符号化とは逆のバイナリ信号間の対応付けを行う機能しか有しておらず、変調復号器213に対する入出力ともバイナリ信号である必要があることから、ビタビ復号器212よりも後段における信号は、全てバイナリ信号であった。

【0035】換言すれば、磁気記録再生装置200においては、変調復号器213の前段でバイナリ信号を生成するとともに、変調復号器213の後段でもバイナリ信号を処理する必要があった。

の制御信号である。

【0028】次に、磁気記録再生装置200は、A/D209によって、利得調整回路208から供給された利得調整信号D210をデジタル化し、デジタルチャンネル信号D211を生成する。なお、このとき、A/D209は、タイミング再生回路210により生成されて供給されるクロック信号D212に基づいてサンプリングを行う。このタイミング再生回路210は、デジタルチャンネル信号D211を入力し、クロックを再生して得られたクロック信号D212をA/D209に供給する。

【0029】次に、磁気記録再生装置200は、A/D209から供給されるデジタルチャンネル信号D211をビタビ復号器212に入力し、このビタビ復号器212によって、記録系におけるプリコード203の前段から再生系における等化器207における出力までのチャンネル応答、例えば次式(3)で表されるチャンネル応答R_Δに対してビタビ復号を行い、ビタビ復号信号D214を生成する。

【0030】

【数3】

【0036】したがって、磁気記録再生装置200においては、2値のバイナリ信号を用いる必要から、信号に含まれる情報量を故意に削減することになり、効率のよい復号処理ができず、結果として復号誤り率を劣化させる原因となっていた。

【0037】本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、高性能の符号化を行って、効率のよい復号処理を再生系に行わせ、復号誤り率を大幅に低下させることができるデータ記録装置及びデータ記録方法、効率のよい復号処理を行い、復号誤り率を低下することができるデータ再生装置及びデータ再生方法、並びに、高性能の符号化及び高効率の復号処理を実現して、復号誤り率を低下することができるデータ記録再生装置及びデータ記録再生方法を提供することを目的とする。

【0038】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録装置は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【0039】このような本発明にかかるデータ記録装置は、攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0040】また、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録方法は、記録媒体に対してデータを記録

するデータ記録方法であって、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0041】このような本発明にかかるデータ記録方法は、攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0042】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生装置は、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【0043】このような本発明にかかるデータ再生装置は、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により変調復号し、第2の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0044】さらにまた、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生方法は、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0045】このような本発明にかかるデータ再生方法は、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて変調復号し、第2の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの

順序を攪拌して並べ替える。

【0046】また、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【0047】このような本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第1の攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により変調復号し、第2の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0048】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0049】このような本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されて

いるデータを再生する場合には、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて変調復号し、第2の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0050】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0051】この実施の形態は、例えば、ハードディスクやいわゆるDVCR (Digital Video Cassette Recorder) 等の磁気記録方式による記録媒体に対してデータを記録する記録系と、これらの記録媒体に記録されているデータを再生する再生系とを備える磁気記録再生装置である。

【0052】この磁気記録再生装置は、記録系において、信号を変調する変調符号化器の後段にインターリーバを備え、変調符号化器と信号に対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダとの間でいわゆる縦列連接符号による符号化を行うものである。また、磁気記録再生装置は、再生系において、チャネルに対する復号器及び変調符号化された信号を変調復号する復号器として、軟入力 (soft input) であるデータを入力するとともに、軟出力 (soft output) であるデータを出力する軟入力軟出力 (Soft Input Soft Output; 以下、SISOと記す。) 型の復号器を適用し、これらの2つの復号器の間でいわゆるターボ復号と呼ばれる繰り返し復号を行うものである。すなわち、磁気記録再生装置は、いわゆるシャノンの通信路符号化定理により与えられるシャノン限界に近い性能を示す符号化方法及び復号方法として知られる縦列連接符号による符号化及びターボ復号を、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行う記録再生系に適用したものである。

【0053】まず、第1の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。ここではまず、この磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーバについて図1及び図2を参照して説明する。

【0054】図1に示すインターリーバ10は、当該インターリーバ10の前段に設けられる変調符号化器によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位、すなわち、1シンボル単位で攪拌し、データを構成する各ビットの順序を並べ替えるものである。例えば、インターリーバ10は、次表3に示す変換テーブルにしたがって、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビットを生成する変調符号化がなされたデータを構成する各ビットの順序を並べ替えるものとする、図2に示すように、変調符号ブロック単位である3ビット単位で入力した入力信号に対して、3ビット単位で並べ替えて出力信号を生成する。

【0055】

【表3】

表3

変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

10

【0056】より具体的には、インターリーバ10は、例えば発生した乱数に基づいて決定されたデータの攪拌位置情報を図示しないROM (Read Only Memory) 等に保持しており、この攪拌位置情報に基づいて、変調符号ブロック単位での入力信号の並べ替えを行う。例えば、インターリーバ10は、入力信号を構成する各ビットを順次保持し、Nビット (Nは任意の自然数) からなるビット系列が生成されたタイミングで、攪拌位置情報に基づいた変調符号ブロック単位での並べ替えを行った後、

20

所定のタイミングで出力信号として出力する。

【0057】つぎに、磁気記録再生装置の再生系に適用するSISO型の復号器である上述した変調符号化された信号を変調復号する復号器について図3及び図4を参照して説明する。なお、これらの図3及び図4に示す復号器20、30は、変調符号化された信号を変調復号する復号器として示されるものであるが、チャネルに対する復号器も、同様の構成で実現されるものであることをここで断っておく。

30

【0058】図3に示す復号器20は、入力kビットに対してnビットの変調符号化を行う符号化率 $R=k/n$ のブロック変調により符号化されたデータを復号するものである。

40

【0059】この復号器20は、軟入力とされる受信信号 R を入力すると、この受信信号 R の各ビットが“0”である確率 $P(R_i=0|R)$ と、各ビットが“1”である確率 $P(R_i=1|R)$ とを算出し、最終的には、 $M=(M_0, M_1, \dots, M_{n-1})$ で表される変調符号ブロック M に対する軟判定値である事後確率情報 (a posteriori probability information) $P(M_i=0|R)$ 及び $P(M_i=1|R)$ 、若しくは $C=(C_0, C_1, \dots, C_{k-1})$ で表される変調符号入力ブロック C に対する軟判定値である事後確率情報 $P(C_i=0|R)$ 及び $P(C_i=1|R)$ 、又はこれらの双方を算出して出力する。

【0060】なお、復号器としては、上述した各事後確率情報を個別的に出力するのではなく、事後確率情報比の対数値、すなわち、 $\log(P(M_i=1|R)/P(M_i=0|R))$ や $\log(P(C_i=1|R)/P(C_i=0|R))$ として出力することもでき

50

る。この対数値は、一般には対数尤度比 (log likeliho

od ratio) と呼ばれ、ここでは、受信信号 R を入力した際の変調符号ブロック M 及び変調符号入力ブロック C の尤度を示すものである。

【0061】また、復号器としては、上述した受信信号 R を入力するのではなく、変調符号入力ブロック C に対する事前確率情報 (a priori probability information) $P(C_i=0)$ 及び $P(C_i=1)$ が入力信号として与えられてもよい。

【0062】このような復号器としては、具体的には、例えば図4に示すような各部を有するものが考えられる。ここでは、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビットを生成するために、先に表3に示した変換テーブルにしたがって符号化されたデータを復号するものとして説明する。

【0063】同図に示す復号器30は、各受信ビットの尤度を算出する尤度算出手段である(3ビット×2=)6つの尤度算出回路31₁、31₂、31₃、31₄、31₅、31₆と、データを加算する4つの加算器32₁、32₂、32₃、32₄と、2つのデータA、Bに対して $\log(e^A + e^B)$ の演算を行う4つの \log -sum回路33₁、33₂、33₃、33₄と、2つのデータを加算する4つの加算器34₁、34₂、34₃、34₄と、2つのデータの比をとる5つの比較器35₁、35₂、36₁、36₂、36₃と、変調符号ブロック M における各要素に対する係数を算出する係数算出回路37₁、37₂、37₃と、2つのデータを加算する3つの加算器38₁、38₂、38₃とを有する。

【0064】尤度算出回路31₁、31₂、31₃、31₄、31₅、31₆は、それぞれ、受信信号D31(R)における各受信ビットを入力し、各受信ビットの尤度を算出する。

【0065】すなわち、尤度算出回路31₁は、3ビットの受信信号D31を構成する0ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D32₁($\log P(R_0=0|R)$)を算出する。尤度算出回路31₁は、生成した対数確率値D32₁を加算器32₁及び比較器36₁に供給する。

【0066】また、尤度算出回路31₂は、3ビットの受信信号D31を構成する0ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D32₂($\log P(R_0=1|R)$)を算出する。尤度算出回路31₂は、生成した対数確率値D32₂を加算器32₂、32₃、32₄及び比較器36₁に供給する。

【0067】さらに、尤度算出回路31₃は、3ビットの受信信号D31を構成する1ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D32₃($\log P(R_1=0|R)$)を算出する。尤度算出回路31₃は、生成した対数確率値D32₃を加算器32₂及び比較器36₂に供給する。

【0068】さらにまた、尤度算出回路31₄は、3ビ

ットの受信信号D31を構成する1ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D32₄($\log P(R_1=1|R)$)を算出する。尤度算出回路31₄は、生成した対数確率値D32₄を加算器32₁、32₃、32₄及び比較器36₂に供給する。

【0069】また、尤度算出回路31₅は、3ビットの受信信号D31を構成する2ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D32₅($\log P(R_2=0|R)$)を算出する。尤度算出回路31₅は、生成した対数確率値D32₅を加算器32₁及び比較器36₃に供給する。

【0070】さらに、尤度算出回路31₆は、3ビットの受信信号D31を構成する2ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D32₆($\log P(R_2=1|R)$)を算出する。尤度算出回路31₆は、生成した対数確率値D32₆を加算器32₁、32₃、32₄及び比較器36₃に供給する。

【0071】加算器32₁は、尤度算出回路31₁から供給された対数確率値D32₁と、尤度算出回路31₂から供給された対数確率値D32₂と、尤度算出回路31₃から供給された対数確率値D32₃とを加算し、尤度値D33₁を生成する。すなわち、この尤度値D33₁は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=011)$ と表される確率に他ならない。加算器32₁は、生成した尤度値D33₁を \log -sum回路33₁、33₃に供給する。

【0072】加算器32₂は、尤度算出回路31₂から供給された対数確率値D32₂と、尤度算出回路31₃から供給された対数確率値D32₃と、尤度算出回路31₄から供給された対数確率値D32₄とを加算し、尤度値D33₂を生成する。すなわち、この尤度値D33₂は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=101)$ と表される確率に他ならない。加算器32₂は、生成した尤度値D33₂を \log -sum回路33₁、33₃に供給する。

【0073】加算器32₃は、尤度算出回路31₃から供給された対数確率値D32₃と、尤度算出回路31₄から供給された対数確率値D32₄と、尤度算出回路31₅から供給された対数確率値D32₅とを加算し、尤度値D33₃を生成する。すなわち、この尤度値D33₃は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=111)$ と表される確率に他ならない。加算器32₃は、生成した尤度値D33₃を \log -sum回路33₂、33₃に供給する。

【0074】加算器32₄は、尤度算出回路31₄から供給された対数確率値D32₄と、尤度算出回路31₅から供給された対数確率値D32₅と、尤度算出回路31₆から供給された対数確率値D32₆とを加算し、尤度値D33₄を生成する。すなわち、この尤度値D33₄は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=110)$ と表される確率に他ならない。加算器32₄は、生成した尤度値D33₄を \log -sum回路33₂、33₃に供給する。

【0075】log-sum回路33₁は、加算器32₁から供給された尤度値D33₁と、加算器32₁から供給された尤度値D33₁とに対して、次式(4)に示す演算を行い、尤度値D34₁を生成する。log-sum

回路33₁は、生成した尤度値D34₁を加算器34₁に供給する。

【0076】

【数4】

$$\begin{aligned} & \log \left(e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 101)} \right) \\ &= \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) \right) \\ & \dots (4) \end{aligned}$$

【0077】log-sum回路33₂は、加算器32₂から供給された尤度値D33₂と、加算器32₂から供給された尤度値D33₂とに対して、次式(5)に示す演算を行い、尤度値D34₂を生成する。log-sum

回路33₂は、生成した尤度値D34₂を加算器34₂に供給する。

【0078】

【数5】

$$\begin{aligned} & \log \left(e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)} \right) \\ &= \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \\ & \dots (5) \end{aligned}$$

【0079】log-sum回路33₃は、加算器32₃から供給された尤度値D33₃と、加算器32₃から供給された尤度値D33₃とに対して、次式(6)に示す演算を行い、尤度値D34₃を生成する。log-sum

回路33₃は、生成した尤度値D34₃を加算器34₃に供給する。

【0080】

【数6】

$$\begin{aligned} & \log \left(e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)} \right) \\ &= \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) \right) \\ & \dots (6) \end{aligned}$$

【0081】log-sum回路33₄は、加算器32₄から供給された尤度値D33₄と、加算器32₄から供給された尤度値D33₄とに対して、次式(7)に示す演算を行い、尤度値D34₄を生成する。log-sum

回路33₄は、生成した尤度値D34₄を加算器34₄に供給する。

【0082】

【数7】

$$\log \left(e^{\log P(R|M_0 M_1 M_2=101)} + e^{\log P(R|M_0 M_1 M_2=110)} \right)$$

$$= \log \left(P(R|M_0 M_1 M_2=101) + P(R|M_0 M_1 M_2=110) \right)$$

... (7)

【0083】加算器34₁は、log-sum回路33₁から供給された尤度値D34₁と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35₁ (log P (C₀=0))とを加算し、対数確率値D36₁を生成する。この対数確率値D36₁は、次式(8)に示す確率を表

すものである。加算器34₁は、生成した対数確率値D36₁を比較器35₁に供給する。

【0084】

【数8】

$$\log P(C_0=0|R) = \log \left(P(R|M_0 M_1 M_2=011) + P(R|M_0 M_1 M_2=101) \right)$$

$$+ \log P(C_0=0)$$

... (8)

【0085】加算器34₂は、log-sum回路33₂から供給された尤度値D34₂と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35₂ (log P (C₀=1))とを加算し、対数確率値D36₂を生成する。この対数確率値D36₂は、次式(9)に示す確率を表

すものである。加算器34₂は、生成した対数確率値D36₂を比較器35₂に供給する。

【0086】

【数9】

$$\log P(C_0=1|R) = \log \left(P(R|M_0 M_1 M_2=111) + P(R|M_0 M_1 M_2=110) \right)$$

$$+ \log P(C_0=1)$$

... (9)

【0087】加算器34₃は、log-sum回路33₃から供給された尤度値D34₃と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35₃ (log P (C₀=0))とを加算し、対数確率値D36₃を生成する。この対数確率値D36₃は、次式(10)に示す確率を

表すものである。加算器34₃は、生成した対数確率値D36₃を比較器35₃に供給する。

【0088】

【数10】

$$\log P(C_1=0|R) = \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2=011) + P(R | M_0 M_1 M_2=111) \right) + \log P(C_1=0)$$

... (10)

【0089】加算器34₁は、log-sum回路33₁から供給された尤度値D34₁と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35₁ (log P(C₁=1))とを加算し、対数確率値D36₁を生成する。この対数確率値D36₁は、次式(11)に示す確率を

$$\log P(C_1=1|R) = \log \left(P(R | M_0 M_1 M_2=101) + P(R | M_0 M_1 M_2=110) \right) + \log P(C_1=1)$$

... (11)

【0091】比較器35₁は、加算器34₁から供給された対数確率値D36₁と、加算器34₁から供給された対数確率値D36₂との比をとり、復号対数事後確率比D37₁ (log (P(C₀=1|R)/P(C₀=0|R)))を生成し、外部に出力する。

【0092】比較器35₂は、加算器34₁から供給された対数確率値D36₁と、加算器34₁から供給された対数確率値D36₂との比をとり、復号対数事後確率比D37₂ (log (P(C₁=1|R)/P(C₁=0|R)))を生成し、外部に出力する。

【0093】比較器36₁は、尤度算出回路31₁から供給された対数確率値D32₁と、尤度算出回路31₁から供給された対数確率値D32₂との比をとり、対数事後確率比D38₁ (log (P(M₀=1|R)/P(M₀=0|R)))を生成し、加算器38₁に供給する。

【0094】比較器36₂は、尤度算出回路31₁から供給された対数確率値D32₁と、尤度算出回路31₁から供給された対数確率値D32₂との比をとり、対数事後

表すものである。加算器34₁は、生成した対数確率値D36₁を比較器35₁に供給する。

【0090】

【数11】

確率比D38₂ (log (P(M₁=1|R)/P(M₁=0|R)))を生成し、加算器38₂に供給する。

【0095】比較器36₂は、尤度算出回路31₁から供給された対数確率値D32₁と、尤度算出回路31₁から供給された対数確率値D32₂との比をとり、対数事後確率比D38₂ (log (P(M₂=1|R)/P(M₂=0|R)))を生成し、加算器38₂に供給する。

【0096】係数算出回路37₁は、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35₁、D35₂、D35₃に基づいて、次式(12)で表されるM₀係数、すなわち、3ビットの受信信号D31を構成する0ビット目に相当する変調符号M₀に対する係数αを算出し、M₀係数信号D39₁を生成する。係数算出回路37₁は、生成したM₀係数信号D39₁を加算器38₁に供給する。

【0097】

【数12】

$$\alpha = \log \frac{P(C_0=0) \cdot P(C_1=1) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=1)}{P(C_0=0) \cdot P(C_1=0)}$$

... (12)

【0098】係数算出回路37₂は、外部から入力した

入力ビットに対する対数事前確率D35₁、D35₂、D

35₁, D35₁に基づいて、次式(13)で表されるM₁係数、すなわち、3ビットの受信信号D31を構成する1ビット目に相当する変調符号M₁に対する係数βを算出し、M₁係数信号D39₁を生成する。係数算出回路

$$\beta = \log \frac{P(C_0=0) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=1)}{P(C_0=0) \cdot P(C_1=1)}$$

37₁は、生成したM₁係数信号D39₁を加算器38₁に供給する。

【0099】

【数13】

... (13)

【0100】係数算出回路37₁は、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35₁, D35₂, D35₃, D35₄に基づいて、次式(14)で表されるM₂係数、すなわち、3ビットの受信信号D31を構成する2ビット目に相当する変調符号M₂に対する係数γを

$$\gamma = \log \frac{P(C_0=0) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=0) \cdot P(C_1=1) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=0)}{P(C_0=1) \cdot P(C_1=1)}$$

算出し、M₂係数信号D39₂を生成する。係数算出回路37₂は、生成したM₂係数信号D39₂を加算器38₂に供給する。

【0101】

【数14】

... (14)

【0102】加算器38₁は、比較器36₁から供給された対数事後確率比D38₁と、係数算出回路37₁から供給されたM₁係数信号D39₁とを加算する。加算器38₁は、加算して生成した復号チャネル対数事後確率比信号D40₁($\log(P(M_1=1|R)/P(M_1=0|R))$)を外部に出力する。

【0103】加算器38₂は、比較器36₂から供給された対数事後確率比D38₂と、係数算出回路37₂から供給されたM₂係数信号D39₂とを加算する。加算器38₂は、加算して生成した復号チャネル対数事後確率比信号D40₂($\log(P(M_2=1|R)/P(M_2=0|R))$)を外部に出力する。

【0104】加算器38₃は、比較器36₃から供給された対数事後確率比D38₃と、係数算出回路37₃から供給されたM₃係数信号D39₃とを加算する。加算器38₃は、加算して生成した復号チャネル対数事後確率比信号D40₃($\log(P(M_3=1|R)/P(M_3=0|R))$)を外部に出力する。

【0105】このような各部を有する復号器30は、伝送過程において発生したノイズの影響によりアナログ値をとり軟入力とされる受信信号D31(R)における各受信ビット、すなわち、変調符号化側での各出力符号語に対する尤度算出回路31₁, 31₂, 31₃, 31₄, 31₅, 31₆を有し、これらの尤度算出回路31₁, 31₂, 31₃, 31₄, 31₅, 31₆により各出力符号語の尤度を求め、得られた尤度値を用いることによって、変調符号化側での入力ビット及び出力ビットに対する軟

判定値である事後確率情報を実直に求めることができる。

【0106】なお、復号器30は、対数事前確率D35₁, D35₂, D35₃, D35₄を外部から入力するが、図示しない変調符号化器に入力されるバイナリ信号を構成する各ビットが“0”である確率と“1”である確率とが均等である場合には、対数事前確率D35₁, D35₂, D35₃, D35₄を入力する必要はなく、これらの対数事前確率D35₁, D35₂, D35₃, D35₄の値が全て“0”であるように扱えばよい。

【0107】また、復号器30は、2ビットの入力ビットから3ビットの出力ビットに変調符号化されたデータの復号を行うものとして説明したが、復号器としては、入力ビット及び／又は出力ビット数に拘泥することなく、入力ビット及び／又は出力ビット数に対応した同様の構成でもよい。

【0108】さて、これらのようなインターリーバ及び復号器を適用した磁気記録再生装置について図5を用いて説明する。

【0109】同図に示す磁気記録再生装置50は、データを記録媒体70に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器51と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器52と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ53と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダ54と、入力したデータの各ビットを書き込み電流

値に変換する書き込み電流ドライバ 55 と、記録媒体 70 に対してデータを記録するための書き込みヘッド 56 とを備える。

【0110】誤り訂正符号化手段である誤り訂正符号化器 51 は、入力データ D51 に対して誤り訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器 51 は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データ D52 を後段の変調符号化器 52 に供給する。

【0111】変調符号化手段である変調符号化器 52 は、誤り訂正符号化器 51 から供給された誤り訂正符号化データ D52 に対して所定の変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データ D53 を生成する。変調符号化器 52 は、生成した変調符号化データ D53 を後段のインターリーバ 53 に供給する。

【0112】(第 1 の) 攪拌手段であるインターリーバ 53 は、上述したインターリーバ 10 として構成されるものであり、変調符号化器 52 によりブロック変調による符号化がなされた変調符号化データ D53 を変調符号

$$F = \frac{1}{2}(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (15)$$

【0115】書き込み電流ドライバ 55 は、プリコード 54 から供給されたプリコード信号 D55 に対して、 $0 \rightarrow -I_1$ 、 $1 \rightarrow +I_1$ とするように、各ビットを書き込み電流値 I_1 に変換し、書き込み電流信号 D56 を生成する。書き込み電流ドライバ 55 は、生成した書き込み電流信号 D56 を後段の書き込みヘッド 56 に供給する。

【0116】書き込みヘッド 56 は、書き込み電流ドライバ 55 から供給された書き込み電流信号 D56 に応じた書き込み磁化信号 D57 を記録媒体 70 に対して与えることによって、記録媒体 70 に対してデータを記録する。

【0117】このような磁気記録再生装置 50 における記録系は、記録媒体 70 に対してデータを記録する場合には、入力データ D51 に対して誤り訂正符号化器 51 により誤り訂正符号化を施した後、誤り訂正符号化データ D52 に対して変調符号化器 52 により所定の変調符号化を施し、変調符号化データ D53 をインターリーバ 53 により変調符号ブロック単位で攪拌し、プリコード 54 によりプリコード信号 D55 を生成する。

【0118】そして、この記録系は、プリコード 54 により生成されたプリコード信号 D55 を、書き込み電流ドライバ 55 及び書き込みヘッド 56 を介して記録媒体 70 に記録する。

【0119】このように、磁気記録再生装置 50 における記録系は、変調符号化器 52 の後段にインターリーバ 53 を備えて、変調符号化器 52 とプリコード 54 との間で縦列接続符号による符号化を行うことによって、誤り訂正符号化以降の変調符号化及びチャネルに対する符号化として、高性能の符号化を実現することができる。

【0120】一方、磁気記録再生装置 50 は、記録媒体

ブロック単位で攪拌し、変調符号化データ D53 を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ 53 は、生成したインターリーブデータ D54 を後段のプリコード 54 に供給する。

【0113】プリコード手段であるプリコード 54 は、インターリーバ 53 から供給されたインターリーブデータ D54 に対して、記録媒体 70 へのデータの書き込みから後述する再生系における等化器 58 における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるプリコード信号 D55 を生成する。例えば、プリコード 54 は、チャネルが $1-D$ の特性を有する場合には、次式 (15) で表されるフィルタリング F を施す。プリコード 54 は、生成したプリコード信号 D55 を後段の書き込み電流ドライバ 55 に供給する。

【0114】

【数 15】

70 に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体 70 に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド 57 と、入力したデータを等化する等化器 58 と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路 59 と、アナログデータをディジタルデータに変換するアナログーディジタル変換器 (以下、A/D と記す。) 60 と、クロックを再生するタイミング再生回路 61 と、利得調整回路 59 を制御する利得調整コントロール回路 62 と、入力したデータに対してターボ復号を施すチャネル及び変調ターボ復号器 63 と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器 64 とを備える。

【0121】読み出しヘッド 57 は、記録媒体 70 から読み出し磁化信号 D58 を読み出し、この読み出し磁化信号 D58 に応じた読み出し電流信号 D59 を生成する。読み出しヘッド 57 は、生成した読み出し電流信号 D59 を後段の等化器 58 に供給する。

【0122】等化器 58 は、読み出しヘッド 57 から供給された読み出し電流信号 D59 に対して、記録系における記録媒体 70 へのデータの書き込みから当該等化器 58 における出力までのチャネル応答が所定の特性、例えば $1-D$ となるように等化を行い、等化信号 D60 を生成する。等化器 58 は、生成した等化信号 D60 を後段の利得調整回路 59 に供給する。

【0123】利得調整回路 59 は、利得調整コントロール回路 62 から供給される利得調整コントロール信号 D64 に基づいて、等化器 58 から供給された等化信号 D60 の利得を調整し、利得調整信号 D61 を生成する。利得調整回路 59 は、生成した利得調整信号 D61 を後段の A/D 60 に供給する。

【0124】A/D60は、タイミング再生回路61から供給されるクロック信号D63に基づいて、利得調整回路59から供給された利得調整信号D61のサンプリングを行い、利得調整信号D61をデジタル化してデジタルチャンネル信号D62を生成する。A/D60は、生成したデジタルチャンネル信号D62をタイミング再生回路61、利得調整コントロール回路62、及び、チャンネル及び変調ターボ復号器63に供給する。

【0125】タイミング再生回路61は、A/D60から供給されるデジタルチャンネル信号D62からクロックを再生し、クロック信号D63を生成する。タイミング再生回路61は、生成したクロック信号D63をA/D60に供給する。

【0126】利得調整コントロール回路62は、A/D60から供給されるデジタルチャンネル信号D62に基づいて、等化信号D60の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号D64を生成する。利得調整コントロール回路62は、生成した利得調整コントロール信号D64を利得調整回路59に供給する。

【0127】チャンネル及び変調ターボ復号器63は、上述した復号器20、30として構成されるSISO型の復号器を接続してターボ復号を行うものである。チャンネル及び変調ターボ復号器63は、後に詳述するが、A/D60から供給されるデジタルチャンネル信号D62を入力してターボ復号を行い、生成したターボ復号信号D65を後段の誤り訂正軟復号器64に供給する。

【0128】誤り訂正軟復号手段である誤り訂正軟復号器64は、チャンネル及び変調ターボ復号器63から供給されるターボ復号信号D65に対して、いわゆるBCJR (Bahl, Cocke, Jelinek and Raviv) アルゴリズムやSOVA (Soft Output Viterbi Algorithm) アルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行い、軟出力又は硬出力 (hard output) の出力データD66として外部に出力する。

【0129】ここで、チャンネル及び変調ターボ復号器6

$$R_{\text{ch}} = (1 - D) / (1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (16)$$

【0133】なお、チャンネルSISO復号器81としては、上述した復号器20、30として構成されるものに限らず、SISO型の復号器として構成されるのであればよく、例えば、チャンネル応答に対応するトレリスに基づいて、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行うものであってもよい。

【0134】差分器82は、チャンネルSISO復号器81から供給されて軟入力とされるチャンネル復号信号D71と、インターリーブ86から供給されて軟入力とされる事前確率情報信号D76との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求める情

3について図6を用いて詳述する。

【0130】チャンネル及び変調ターボ復号器63は、同図に示すように、記録系におけるプリコード54の前段から再生系における等化器58における出力までのチャンネル応答に対する復号を行うSISO型の復号器であるチャンネルSISO復号器81と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーバ83と、入力したデータに対して変調復号を施すSISO型の復号器である変調SISO復号器84と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ86と、情報ビットに対する事前確率情報として入力するデータを切り替えるための切替スイッチ87と、2つの差分器82、85とを有する。

【0131】チャンネル復号手段であるチャンネルSISO復号器81は、上述した復号器20、30として構成されるものであり、SISO型の復号器である。チャンネルSISO復号器81は、A/D60から供給された軟入力であるデジタルチャンネル信号D62と、インターリーブ86から供給された軟入力である情報ビットに対する事前確率情報信号D76又は値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報信号D77のうち、切替スイッチ87により選択された事前確率情報信号D78とを入力し、記録系におけるプリコード54の前段から再生系における等化器58における出力までのチャンネル応答、例えば次式(16)で表されるチャンネル応答 R_{ch} に対して、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行う。ここで、プリコード54によるプリコード前のインターリーブデータD54を $C(t)$ ($0 \leq t \leq N$)と表すと、チャンネルSISO復号器81は、この $C(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(C(t)=1)/P(C(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比をチャンネル復号信号D71として後段の差分器82に供給する。

【0132】

【数16】

報ビットに対する外部情報 (extrinsic information) であるチャンネル外部情報信号D72として後段のデインターリーブ83に軟出力として出力する。なお、このチャンネル外部情報信号D72は、記録系におけるインターリーブ53によりインターリーブされたインターリーブデータD54に対応するものである。

【0135】逆撹拌手段であるデインターリーブ83は、記録系におけるインターリーブ53によりインターリーブされたインターリーブデータD54のビット配列を、それぞれ、元の変調符号化データD53のビット配列に戻すように、差分器82から供給される軟入力のチャンネル外部情報信号D72にデインターリーブを施す。

デインターリーブ 83 は、デインターリーブして得られたデータを変調 SISO 復号器 84 における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号 D73 として、変調 SISO 復号器 84 及び差分器 85 に供給する。

【0136】変調復号手段である変調 SISO 復号器 84 は、上述した復号器 20, 30 として構成されるものであり、SISO 型の復号器である。ここで、記録系における変調符号化器 52 により符号化率が $R=K/N$ の変調符号化が施され、変調符号化器 52 による変調符号化後の変調符号化データ D53 を $M(t)$ ($0 \leq t < N$)、変調符号化器 52 による変調符号化前の誤り訂正符号化データ D52 を $E(t)$ ($0 \leq t < K$) と表すものとする。変調 SISO 復号器 84 は、デインターリーブ 83 から供給される軟入力であるデインターリーブ信号 D73 を入力し、このデインターリーブ信号 D73 をチャンネルからの入力として、 $M(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比を変調チャンネル復号信号 D74 として差分器 85 に供給するとともに、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比をターボ復号信号 D65 として誤り訂正軟復号器 64 に供給する。

【0137】差分器 85 は、変調 SISO 復号器 84 から供給されて軟入力とされる変調チャンネル復号信号 D74 と、デインターリーブ 83 から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号 D73 との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求める符号ビットに対する外部情報である変調外部情報信号 D75 として後段のインターリーブ 86 に軟出力として出力する。

【0138】第 2 の撹拌手段であるインターリーブ 86 は、差分器 85 から供給された軟入力である変調外部情報信号 D75 に対して、記録系におけるインターリーブ 53 と同一の撹拌位置情報に基づいたインターリーブを施す。インターリーブ 86 は、インターリーブして得られたデータをチャンネル SISO 復号器 81 における情報ビットに対する事前確率情報信号 D76 として、チャンネル SISO 復号器 81 及び差分器 82 に供給する。

【0139】切替スイッチ 87 は、復号の初期時には、事前確率情報信号 D77 である 0 値を供給する被選択端子 a と連結することによって、チャンネル SISO 復号器 81 における情報ビットに対する事前確率情報信号 D78 として、事前確率情報信号 D77 を選択する。そして、切替スイッチ 87 は、それ以降では、インターリーブ 86 から供給される事前確率情報信号 D76 を供給する被選択端子 b と連結し、事前確率情報信号 D78 として、事前確率情報信号 D76 を選択する。

【0140】このように構成されるチャンネル及び変調ターボ復号器 63 は、記録系における変調符号化器 52 及びプリコード 54 のそれぞれに対応する変調 SISO 復号器 84 及びチャンネル SISO 復号器 81 を備えることによって、復号複雑度が高い符号を複雑度の小さい要素に分解し、チャンネル SISO 復号器 81 及び変調 SISO 復号器 84 の間の相互作用により特性を逐次的に向上させることができる。チャンネル及び変調ターボ復号器 63 は、A/D60 から供給される軟入力であるデジタルチャンネル信号 D62 を入力すると、チャンネル SISO 復号器 81 乃至変調 SISO 復号器 84 の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の対数事後確率比を、ターボ復号信号 D65 として後段の誤り訂正軟復号器 64 に供給する。

【0141】このような磁気記録再生装置 50 における再生系は、記録媒体 70 に記録されているデータを再生する場合には、読み出しヘッド 57、等化器 58、利得調整回路 59 及び A/D60 を経て生成された軟入力とされるデジタルチャンネル信号 D62 を、チャンネル及び変調ターボ復号器 63 によりターボ復号し、記録系における変調符号化器 52 に入力された誤り訂正符号化データ D52 に対応するターボ復号信号 D65 を生成する。

【0142】そして、この再生系は、チャンネル及び変調ターボ復号器 63 により生成されたターボ復号信号 D65 に対して誤り訂正軟復号器 64 により誤り訂正符号の軟復号を行い、得られた軟出力であるデータをそのまま出力データ D66 として外部に出力するか、若しくは、軟出力であるデータを 2 値化して硬出力の出力データ D66 を生成し、外部に出力する。

【0143】このように、磁気記録再生装置 50 における再生系は、チャンネル及び変調ターボ復号器 63 を備えて、記録系における変調符号化器 52 及びプリコード 54 のそれぞれに対応する変調 SISO 復号器 84 及びチャンネル SISO 復号器 81 の間でターボ復号を行うことによって、チャンネル応答及び変調符号化に対応する復号を実現することができる。

【0144】以上のように、磁気記録再生装置 50 は、記録系において、変調符号化器 52 の後段にインターリーブ 53 を備えて、変調符号化器 52 とプリコード 54 との間で縦列接続符号による符号化を行い、再生系において、チャンネル及び変調ターボ復号器 63 を備えて、ターボ復号を行うことによって、高性能の符号化を実現するとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、情報を削減する必要がないことから、結果として復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【0145】つぎに、第 2 の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。この磁気記録再生装置は、少なくとも変調符号化及び復号の際に、ブロック単

位での符号化及び復号を行うのではなく、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うものである。

【0146】ここではまず、この磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーバについて説明する。

【0147】この記録系に適用するインターリーバとしては、先に図1に示したインターリーバ10と同様に構成され、トレリスの変調符号ブロック単位でデータを攪拌し、データを構成する各ビットの順序を並べ替えるものが考えられる。ここで、インターリーバによって、表3に示した変換テーブルにしたがって、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビットを生成する変調符号化がなされたデータを構成する各ビットの順序を並べ替えることを考える。この場合、変調符号化がなされたデータが満たす制約条件が $(d, k) = (0, 2)$ 制限であるならば、インターリーバは、 $(d, k) = (0, 4)$ 制限を満たす系列を生成する。

【0148】なお、インターリーバとしては、トレリスの変調符号ブロック単位でデータを攪拌するものに限らず、インターリーブ後に所定の制約条件を満たすようにデータを攪拌するものであれば、いかなるものでも適用することができる。

【0149】つぎに、磁気記録再生装置の記録系に適用する符号化器及び再生系に適用するSISO型の復号器について図7乃至図10を参照して説明する。なお、これらの符号化器及び復号器は、それぞれ、変調符号化及び変調復号するものとして示されるものであるが、チャネルに対する符号化器及び復号器も、それぞれ、同様の構成で実現されるものであることをここで断っておく。

【0150】磁気記録再生装置は、共通のトレリスを元にして変調符号化及び変調復号を行う。一般に、トレリスの構造は、変調符号に加わる制限に応じて変化するが、ここでは、符号化率 $R = 2/3$ の $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす変調符号化及び変調復号について説明する。

【0151】 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす符号を生成するための状態遷移図は、図7に示すように表すことができる。同図において、 S_0, S_1, S_2 は、それぞれ、各状態を示し、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、状態遷移が行われた際に出力されるビットを示すものとする。例えば、“ $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2$ ”という状態遷移が行われた場合には、出力されるビット系列は、“00”となる。この状態遷移図にしたがった状態遷移が行われた場合に出力されるビット系列は、必ず $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす。

【0152】ここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する符号化率 $R = 2/3$ の変調符号化を行うことを考える。この場合、 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす変調符号を生成するには、同図に示す状態遷移図にしたがって3回ずつ状態遷移し、その際の

出力を変調符号とすればよいことは明らかである。

【0153】このように同図に示す状態遷移図にしたがって3回状態遷移した際のトレリス、すなわち、状態遷移図を時間方向に展開して得られるダイアグラムは、図8に示すようになる。例えば、同図に示すトレリスにおいて、最上部に位置する枝は、状態 S_2 から3回状態遷移して再び状態 S_2 に至る経路が1通り存在し、その場合の出力が“100”であることを示している。

【0154】さらにここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する変調符号化を行う場合には、各状態から $2^2 = 4$ 本の枝を選択し、これらの枝を2ビットの入力である“00, 01, 10, 11”に割り振ることによって、入力と出力とを対応付けたトレリスを構成することができる。このように、枝の選択を行って構成されたトレリスは、図9に示すようになる。同図において、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、入力／出力を示している。例えば、同図に示すトレリスにおいて、 $S_0 \rightarrow S_2$ を示す1本の枝は、状態 S_0 の際に“11”を入力した場合には、“100”を出力して状態 S_2 に状態遷移することを示している。

【0155】第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置に適用する符号化器は、このような手順により構成されたトレリスにしたがって状態遷移を繰り返して符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生成することとなる。このような符号化器としては、具体的には、例えば図10に示すような各部を有するものが考えられる。

【0156】同図に示す符号化器90は、当該符号化器90の状態（ステート）を保持するステートレジスタ91と、次に遷移すべき次状態を算出する次ステート算出回路92と、出力信号D94を算出する出力信号算出回路93とを有する。

【0157】ステートレジスタ91は、2ビットのレジスタであり、現在の符号化器90の状態を表す2ビットを保持する。ステートレジスタ91は、次ステート算出回路92から供給される次状態信号D93に基づく次状態を表す2ビットを保持するのにもなって、現在の状態を表す2ビットを示す状態信号D92を次ステート算出回路92及び出力信号算出回路93に供給する。

【0158】次ステート算出回路92は、入力信号D91と、ステートレジスタ91から供給される状態信号D92とを入力すると、例えば次表4に示す入出力対応表にしたがって次状態を算出する。次ステート算出回路92は、次状態を示す次状態信号D93をステートレジスタ91に供給する。

【0159】

【表4】

39

表 4

入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	次状態信号
0	00	0
0	01	1
0	10	1
0	11	2
1	00	1
1	01	0
1	10	0
1	11	2
2	00	2
2	01	0
2	10	0
2	11	1
3	00	0
3	01	0
3	10	0
3	11	0

【0160】出力信号算出回路93は、入力信号D91と、ステートレジスタ91から供給される状態信号D92とを入力すると、例えば次表5に示す入出力対応表にしたがって出力信号D94を算出して出力する。なお、この出力信号D94は、 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たすものである。

【0161】

【表5】

40

表 5

入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	出力信号
0	00	111
0	01	110
0	10	010
0	11	100
1	00	110
1	01	011
1	10	111
1	11	100
2	00	100
2	01	101
2	10	111
2	11	110
3	00	111
3	01	111
3	10	111
3	11	111

【0162】このような符号化器90は、入力信号D91を入力すると、次ステート算出回路93によって、この入力信号D91と、状態信号D92とを用いて次状態を算出し、ステートレジスタ91に逐次保持させる。そして、符号化器90は、出力信号算出回路93によって、入力信号D91と、状態信号D92とを用いて出力信号D94を算出し、外部に出力する。

30 【0163】なお、符号化器90においては、状態S3が存在しないため、当該符号化器90のリセット前に状態S3に遷移した場合には、表5に基づいて即座に“111”を出力信号D94として出力し、状態S0に復帰する機能を実現している。

【0164】一方、このような符号化器により符号化された信号を復号する復号器としては、先に図9に示したトレリスに基づいて、BCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく復号を適用するものとする。磁気記録再生装置においては、このような復号器とすることによって、符号化器における信号の相関を利用したトレリス復号を行うことができる。

【0165】特に、磁気記録再生装置においては、トレリス復号を行う場合に、復号器として、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズム等のSISO型復号を行うことによって、軟情報を利用した復号を行うことができ、復号誤り率を向上させることができる。

【0166】これらのようなインターリーブ、符号化器及び復号器を適用した磁気記録再生装置について図11を用いて説明する。

50 【0167】同図に示す磁気記録再生装置100は、デ

ータを記録媒体 70 に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器 101 と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器 102 と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ 103 と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコード 104 と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ 105 と、記録媒体 70 に対してデータを記録するための書き込みヘッド 106 とを備える。

【0168】誤り訂正符号化手段である誤り訂正符号化器 101 は、上述した磁気記録再生装置 50 における誤り訂正符号化器 51 と同様に、入力データ D101 に対して誤り訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器 101 は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データ D102 を後段の変調符号化器 102 に供給する。

【0169】変調符号化手段である変調符号化器 102 は、上述した符号化器 90 として構成されるものであり、トレリスにしたがって状態遷移を繰り返して符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生成する変調符号化器である。変調符号化器 102 は、誤り訂正符号化器 101 から供給された誤り訂正符号化データ D102 に対して所定のトレリス変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データ D103 を生成する。変調符号化器 102 は、生成した変調符号化データ D103 を後段のインターリーバ 103 に供給する。

【0170】(第 1 の) 攪拌手段であるインターリーバ 103 は、変調符号化器 102 によりトレリス変調符号化がなされた変調符号化データ D103 をトレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、変調符号化データ D103 を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ 103 は、生成したインターリーブデータ D104 を後段のプリコード 104 に供給する。

【0171】プリコード手段であるプリコード 104 は、上述した磁気記録再生装置 50 におけるプリコード 54 と同様に、インターリーバ 103 から供給されたインターリーブデータ D104 に対して、記録媒体 70 へのデータの書き込みから再生系における等化器 108 における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるプリコード信号 D105 を生成する。プリコード 104 は、生成したプリコード信号 D105 を後段の書き込み電流ドライバ 105 に供給する。

【0172】書き込み電流ドライバ 105 は、上述した磁気記録再生装置 50 における書き込み電流ドライバ 55 と同様に、プリコード 104 から供給されたプリコード信号 D105 に対して、各ビットを書き込み電流値 I に変換し、書き込み電流信号 D106 を生成する。書き込み電流ドライバ 105 は、生成した書き込み電流信

号 D106 を後段の書き込みヘッド 106 に供給する。

【0173】書き込みヘッド 106 は、上述した磁気記録再生装置 50 における書き込みヘッド 56 と同様に、書き込み電流ドライバ 105 から供給された書き込み電流信号 D106 に応じた書き込み磁化信号 D107 を記録媒体 70 に対して与えることによって、記録媒体 70 に対してデータを記録する。

【0174】このような磁気記録再生装置 100 における記録系は、記録媒体 70 に対してデータを記録する場合には、入力データ D101 に対して誤り訂正符号化器 101 により誤り訂正符号化を施した後、誤り訂正符号化データ D102 に対して変調符号化器 102 により所定のトレリス変調符号化を施し、変調符号化データ D103 をインターリーバ 103 によりトレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、プリコード 104 によりプリコード信号 D105 を生成する。

【0175】そして、この記録系は、プリコード 104 により生成されたプリコード信号 D105 を、書き込み電流ドライバ 105 及び書き込みヘッド 106 を介して記録媒体 70 に記録する。

【0176】このように、磁気記録再生装置 100 における記録系は、変調符号化器 102 の後段にインターリーバ 103 を備えて、変調符号化器 102 とプリコード 104 との間で縦列接続符号による符号化を行うことによって、誤り訂正符号化以降の変調符号化及びチャネルに対する符号化として、高性能の符号化を実現することができる。

【0177】一方、磁気記録再生装置 100 は、記録媒体 70 に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体 70 に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド 107 と、入力したデータを等化する等化器 108 と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路 109 と、アナログデータをデジタルデータに変換する A/D 110 と、クロックを再生するタイミング再生回路 111 と、利得調整回路 109 を制御する利得調整コントロール回路 112 と、入力したデータに対してターボ復号を施すチャネル及び変調ターボ復号器 113 と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器 104 とを備える。

【0178】読み出しヘッド 107 は、上述した磁気記録再生装置 50 における読み出しヘッド 57 と同様に、記録媒体 70 から読み出し磁化信号 D108 を読み出し、この読み出し磁化信号 D108 に応じた読み出し電流信号 D109 を生成する。読み出しヘッド 107 は、生成した読み出し電流信号 D109 を後段の等化器 108 に供給する。

【0179】等化器 108 は、上述した磁気記録再生装置 50 における等化器 58 と同様に、読み出しヘッド 107 から供給された読み出し電流信号 D109 に対して、記録系における記録媒体 70 へのデータの書き込み

から当該等化器 108 における出力までのチャネル応答が所定の特性となるように等化を行い、等化信号 D110 を生成する。等化器 108 は、生成した等化信号 D110 を後段の利得調整回路 109 に供給する。

【0180】利得調整回路 109 は、上述した磁気記録再生装置 50 における利得調整回路 59 と同様に、利得調整コントロール回路 112 から供給される利得調整コントロール信号 D114 に基づいて、等化器 108 から供給された等化信号 D110 の利得を調整し、利得調整信号 D111 を生成する。利得調整回路 109 は、生成した利得調整信号 D111 を後段の A/D110 に供給する。

【0181】A/D110 は、上述した磁気記録再生装置 50 における A/D60 と同様に、タイミング再生回路 111 から供給されるクロック信号 D113 に基づいて、利得調整回路 109 から供給された利得調整信号 D111 のサンプリングを行い、利得調整信号 D111 をデジタル化してデジタルチャネル信号 D112 を生成する。A/D110 は、生成したデジタルチャネル信号 D112 をタイミング再生回路 111、利得調整コントロール回路 112、及び、チャネル及び変調ターボ復号器 113 に供給する。

【0182】タイミング再生回路 111 は、上述した磁気記録再生装置 50 におけるタイミング再生回路 61 と同様に、A/D110 から供給されるデジタルチャネル信号 D112 からクロックを再生し、クロック信号 D113 を生成する。タイミング再生回路 111 は、生成したクロック信号 D113 を A/D110 に供給する。

【0183】利得調整コントロール回路 112 は、上述した磁気記録再生装置 50 における利得調整コントロール回路 62 と同様に、A/D110 から供給されるデジタルチャネル信号 D112 に基づいて、等化信号 D110 の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号 D114 を生成する。利得調整コントロール回路 112 は、生成した利得調整コントロール信号 D114 を利得調整回路 109 に供給する。

【0184】チャネル及び変調ターボ復号器 113 は、上述した磁気記録再生装置 50 におけるチャネル及び変調ターボ復号器 63 と同様に、SISO 型の復号器を接続してターボ復号を行うものである。チャネル及び変調ターボ復号器 113 は、後に詳述するが、A/D110 から供給されるデジタルチャネル信号 D112 を入力してターボ復号を行い、生成したターボ復号信号 D115 を後段の誤り訂正軟復号器 114 に供給する。

【0185】誤り訂正軟復号手段である誤り訂正軟復号器 114 は、上述した磁気記録再生装置 50 における誤り訂正軟復号器 54 と同様に、チャネル及び変調ターボ復号器 113 から供給されるターボ復号信号 D115 に対して、上述した BCJR アルゴリズムや SOVA アルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行い、軟出

力又は硬出力の出力データ D116 として外部に出力する。

【0186】ここで、チャネル及び変調ターボ復号器 113 について図 12 を用いて詳述する。

【0187】チャネル及び変調ターボ復号器 113 は、同図に示すように、記録系におけるプリコード 104 の前段から再生系における等化器 108 における出力までのチャネル応答に対する復号を行う SISO 型の復号器であるチャネル SISO 復号器 121 と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーブ 123 と、入力したデータに対して変調復号を施す SISO 型の復号器である変調 SISO 復号器 124 と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ 126 と、情報ビットに対する事前確率情報として入力するデータを切り替えるための切替スイッチ 127 と、2つの差分器 122、125 とを有する。

【0188】チャネル復号手段であるチャネル SISO 復号器 121 は、A/D110 から供給される軟入力であるデジタルチャネル信号 D112 と、インターリーブ 126 から供給された軟入力である情報ビットに対する事前確率情報信号 D126 又は値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報信号 D127 のうち、切替スイッチ 127 により選択された事前確率情報信号 D128 とを入力し、記録系におけるプリコード 104 の前段から再生系における等化器 108 における出力までのチャネル応答に対応するトレリスに基づいて、上述した BCJR アルゴリズムや SOVA アルゴリズム等に基づく軟出力復号を行う。ここで、プリコード 104 によるプリコード前のインターリーブデータ D104 を C

(t) ($0 \leq t \leq N$) と表すと、チャネル SISO 復号器 121 は、この C(t) に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(C(t)=1)/P(C(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比をチャネル復号信号 D121 として後段の差分器 122 に供給する。

【0189】差分器 122 は、チャネル SISO 復号器 121 から供給されて軟入力とされるチャネル復号信号 D121 と、インターリーブ 126 から供給されて軟入力とされる事前確率情報信号 D126 との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる情報ビットに対する外部情報であるチャネル外部情報信号 D122 として後段のデインターリーブ 123 に軟出力として出力する。なお、このチャネル外部情報信号 D122 は、記録系におけるインターリーブ 103 によりインターリーブされたインターリーブデータ D104 に対応するものである。

【0190】逆攪拌手段であるデインターリーブ 123 は、記録系におけるインターリーブ 103 によりインターリーブされたインターリーブデータ D104 のビット配列を、それぞれ、元の変調符号化データ D103 のビ

ット配列に戻すように、差分器 122 から供給される軟入力のチャンネル外部情報信号 D122 にデインターリーブを施す。デインターリーブ 123 は、デインターリーブして得られたデータを変調 SISO 復号器 124 における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号 D123 として、変調 SISO 復号器 124 及び差分器 125 に供給する。

【0191】変調復号手段である変調 SISO 復号器 124 は、記録系における変調符号化器 102 により符号化された信号を復号するものであり、SISO 型の変調復号器である。ここで、変調符号化器 102 により符号化率が $R=K/N$ の変調符号化が施され、変調符号化器 102 による変調符号化後の変調符号化データ D103 を $M(t)$ ($0 \leq t < N$)、変調符号化器 102 による変調符号化前の誤り訂正符号化データ D102 を E

(t) ($0 \leq t < K$) と表すものとする。変調 SISO 復号器 124 は、デインターリーブ 123 から供給される軟入力であるデインターリーブ信号 D123 を入力し、制約条件に対応したトレリスを用いて、 $M(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比を変調チャンネル復号信号 D124 として差分器 125 に供給するとともに、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比をターボ復号信号 D115 として誤り訂正軟復号器 114 に供給する。

【0192】差分器 125 は、変調 SISO 復号器 124 から供給されて軟入力とされる変調チャンネル復号信号 D124 と、デインターリーブ 123 から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号 D123 との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる符号ビットに対する外部情報である変調外部情報信号 D125 として後段のインターリーブ 126 に軟出力として出力する。

【0193】第 2 の攪拌手段であるインターリーブ 126 は、差分器 125 から供給された軟入力である変調外部情報信号 D125 に対して、記録系におけるインターリーブ 103 と同一の攪拌位置情報に基づいたインターリーブを施す。インターリーブ 126 は、インターリーブして得られたデータをチャンネル SISO 復号器 121 における符号ビットに対する事前確率情報信号 D126 として、チャンネル SISO 復号器 121 及び差分器 122 に供給する。

【0194】切替スイッチ 127 は、復号の初期時には、事前確率情報信号 D127 である 0 値を供給する被選択端子 c と連結することによって、チャンネル SISO 復号器 121 における情報ビットに対する事前確率情報信号 D128 として、事前確率情報信号 D127 を選択する。そして、切替スイッチ 127 は、それ以降では、

インターリーブ 126 から供給される事前確率情報信号 D126 を供給する被選択端子 d と連結し、事前確率情報信号 D128 として、事前確率情報信号 D126 を選択する。

【0195】このように構成されるチャンネル及び変調ターボ復号器 113 は、上述した磁気記録再生装置におけるチャンネル及び変調ターボ復号器 63 と同様に、記録系における変調符号化器 102 及びブリコダ 104 のそれぞれに対応する変調 SISO 復号器 124 及びチャンネル SISO 復号器 121 を備えることによって、復号複雑度が高い符号を複雑度の小さい要素に分解し、チャンネル SISO 復号器 121 及び変調 SISO 復号器 124 の間の相互作用により特性を逐次的に向上させることができる。チャンネル及び変調ターボ復号器 113 は、A/D 110 から供給される軟入力であるデジタルチャンネル信号 D112 を入力すると、チャンネル SISO 復号器 121 乃至変調 SISO 復号器 124 の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の対数事後確率比を、ターボ復号信号 D115 として後段の誤り訂正軟復号器 114 に供給する。

【0196】このような磁気記録再生装置 100 における再生系は、記録媒体 70 に記録されているデータを再生する場合には、読み出しヘッド 107、等化器 108、利得調整回路 109 及び A/D 110 を経て生成された軟入力とされるデジタルチャンネル信号 D112 を、チャンネル及び変調ターボ復号器 113 によりターボ復号し、記録系における変調符号化器 102 に入力された誤り訂正符号化データ D102 に対応するターボ復号信号 D115 を生成する。

【0197】そして、この再生系は、チャンネル及び変調ターボ復号器 113 により生成されたターボ復号信号 D115 に対して誤り訂正軟復号器 114 により誤り訂正符号の軟復号を行い、得られた軟出力であるデータをそのまま出力データ D116 として外部に出力するか、若しくは、軟出力であるデータを 2 値化して硬出力の出力データ D116 を生成し、外部に出力する。

【0198】このように、磁気記録再生装置 100 における再生系は、チャンネル及び変調ターボ復号器 113 を備えて、記録系における変調符号化器 102 及びブリコダ 104 のそれぞれに対応する変調 SISO 復号器 124 及びチャンネル SISO 復号器 121 の間でターボ復号を行うことによって、チャンネル応答及び変調符号化に対応する復号を実現することができる。

【0199】以上のように、磁気記録再生装置 100 は、記録系において、変調符号化器 102 の後段にインターリーブ 103 を備えて、変調符号化器 102 とブリコダ 104 との間で縦列接続符号による符号化を行い、再生系において、チャンネル及び変調ターボ復号器 113 を備えて、ターボ復号を行うことによって、高性能

の符号化を実現するとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、情報を削減する必要がないことから、結果として復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。その上、磁気記録再生装置 100 は、記録系において前後のデータに相関を持たせて符号化を行うとともに、再生系において制約条件に対応したトレリス復号を行うことができることから、回路規模を削減することができ且つ復号誤り率をさらに低下させることが可能となる。

【0200】以上説明したように、上述した磁気記録再生装置 50、100 は、それぞれ、高性能の符号化を実現し、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、復号誤り率を低下させることができる。特に、磁気記録再生装置 100 は、ブロック単位での符号化及び復号を行わずに、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うことによって、回路規模が削減されるとともに、復号誤り率をさらに低下させることが期待できる。すなわち、磁気記録再生装置 50、100 は、それぞれ、高精度の符号化及び復号システムを実現するものであり、ユーザに高い信頼性を提供することができるものである。

【0201】なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば、上述した記録媒体 70 としては、磁気記録方式によるもの以外にも、いわゆる CD (Compact Disc) や DVD (Digital Versatile Disk) 等の光記録方式による記録媒体又はいわゆる MO (Magnetooptical) 等の光磁気記録方式による記録媒体であっても容易に適用可能であることは勿論である。

【0202】また、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置 100 として、符号化側でトレリス変調符号化を行うとともに、復号側でトレリス変調復号を行うものとして説明したが、本発明は、例えば、磁気記録再生装置 50 における変調符号化器 52 のように、符号化側でブロック変調を行うといった場合等、符号化側でトレリス変調符号化を行わない場合であっても、復号側で制約条件に対応した復号、より具体的にはトレリス変調復号を行い、軟判定値を出力する場合でも適用することができる。

【0203】さらに、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置 50、100 として、記録系と再生系とを備えた単体の装置であるものとして説明したが、記録媒体に対してデータを記録する記録系として単体の記録装置を構成し、この記録装置により記録媒体に記録されたデータを再生する再生系を単体の再生装置として構成してもよい。

【0204】以上のように、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

【0205】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明にかかるデータ記録装置は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌手段とを備える。

【0206】したがって、本発明にかかるデータ記録装置は、攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することができる。

【0207】また、本発明にかかるデータ記録方法は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌工程とを備える。

【0208】したがって、本発明にかかるデータ記録方法は、攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することが可能となる。

【0209】さらに、本発明にかかるデータ再生装置は、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、第 1 の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第 1 の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌手段とを備える。

【0210】したがって、本発明にかかるデータ再生装置は、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により変調復号し、第 2 の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることができる。

【0211】さらにまた、本発明にかかるデータ再生方法は、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方

法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備える。

【0212】したがって、本発明にかかるデータ再生方法は、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて変調復号し、第2の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【0213】また、本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備える。

【0214】したがって、本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第1の攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により変調復号し、第2の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することができるとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることができる。

【0215】さらに、本発明にかかるデータ記録再生方

法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すよう

に、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備える。

【0216】したがって、本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて変調復号し、第2の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することが可能となるとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態として示す磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーバにおける入出力例を説明する図である。

【図2】同磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーバにおける動作を説明する図である。

【図3】同磁気記録再生装置の再生系に適用する復号器における入出力例を説明する図である。

【図4】同磁気記録再生装置の再生系に適用する復号器の構成を説明するブロック図である。

【図5】同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図6】同磁気記録再生装置の再生系に備えられるチャネル及び変調ターボ復号器の構成を説明するブロック図である。

【図7】 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす符号を生成するための状態遷移図を説明する図である。

【図8】図7に示す状態遷移図にしたがって3回状態遷移した際のトレリスを説明する図である。

【図9】図8に示すトレリスから枝の選択を行って構成されたトレリスを説明する図である。

51

52

【図 10】本発明の第 2 の実施の形態として示す磁気記録再生装置の記録系に適用する符号化器の構成を説明するブロック図である。

【図 11】同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図 12】同磁気記録再生装置の再生系に備えられるチャネル及び変調ターボ復号器の構成を説明するブロック図である。

【図 13】従来の変調符号化器における入出力例を説明する図である。

【図 14】従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

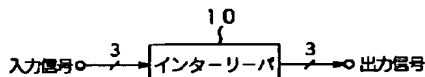
【図 15】他の従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

【図 16】従来の磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【符号の説明】

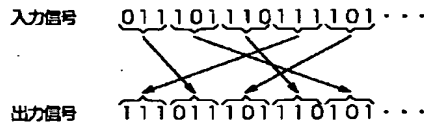
10, 53, 103, 86, 126 インターリーバ、
20, 30 復号器、31, 31, 31, 31, 31, 31, 尤度算出回路、50, 100
磁気記録再生装置、51, 101 誤り訂正符号化器、52, 102 変調符号化器、54, 104 プリコーダ、63, 113 チャネル及び変調ターボ復号器、64, 114 誤り訂正軟復号器、70 記録媒体、81, 121 チャネル SISO 復号器、83, 123 デインターリーバ、84, 124 変調 SISO 復号器、90 符号化器

【図 1】



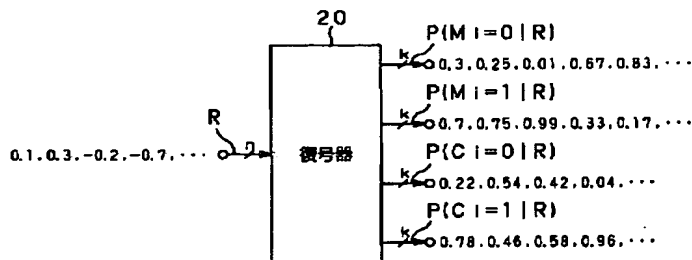
インターリーバにおける入出力例

【図 2】



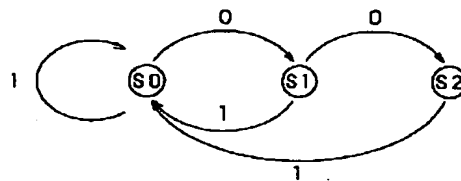
インターリーバにおける動作の説明図

【図 3】



復号器における入出力例

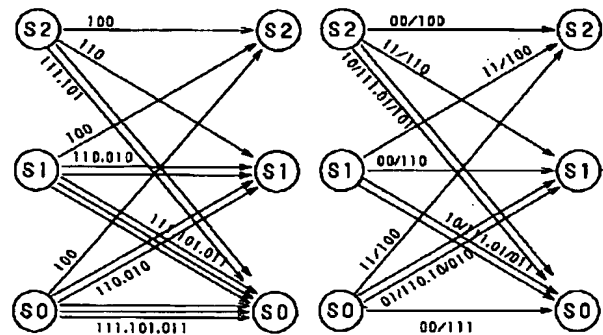
【図 7】



状態遷移図の説明図

【図 8】

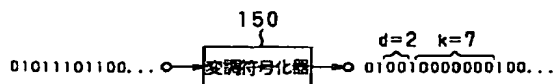
【図 9】



トレリスの説明図

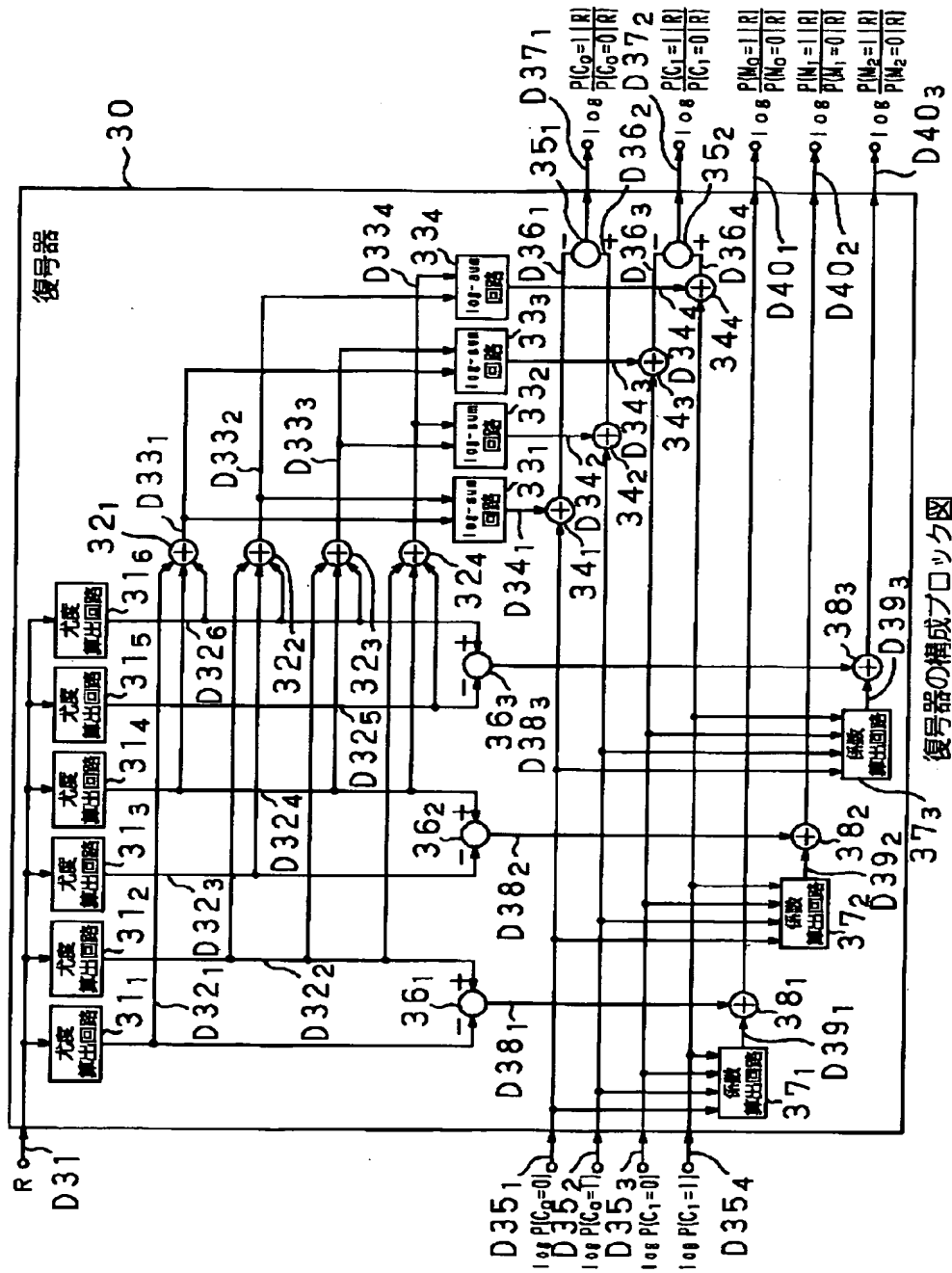
トレリスの説明図

【図 13】

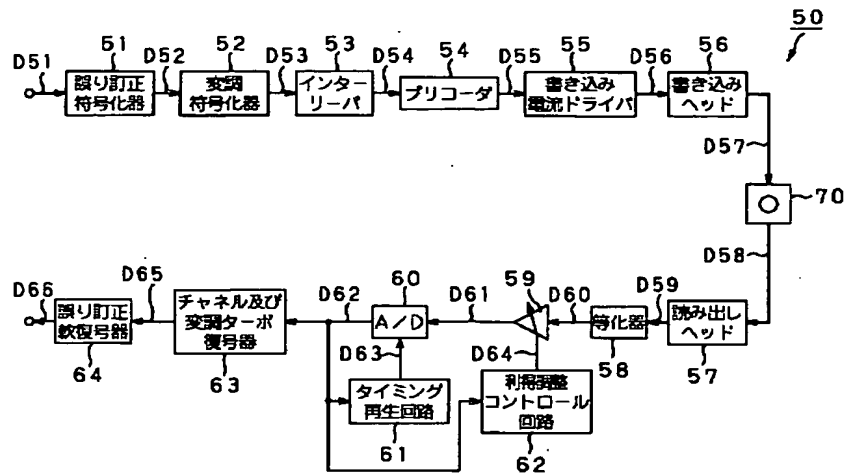


従来の変調符号化器における入出力例

【図 4】

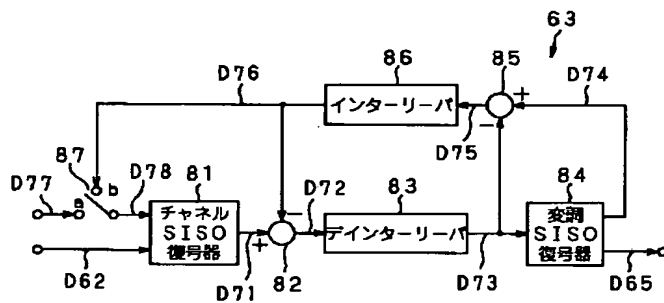


【図 5】



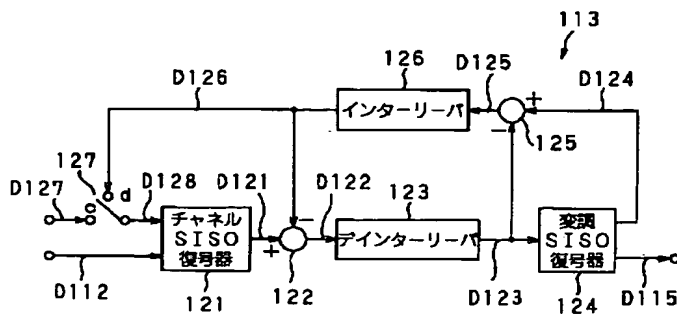
磁気記録再生装置の構成ブロック図

【図 6】



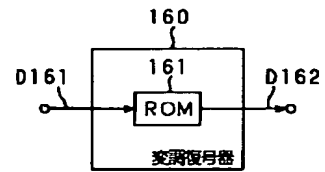
チャンネル及び変調ターボ復号器の構成ブロック図

【図 12】



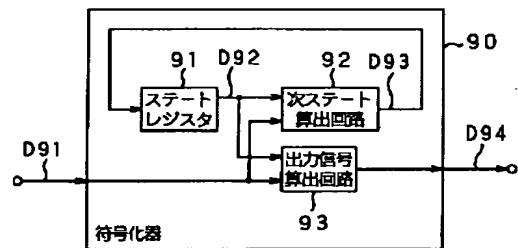
チャンネル及び変調ターボ復号器の構成ブロック図

【図 14】



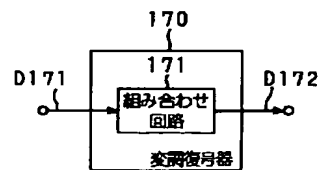
従来の変調復号器の構成ブロック図

【図 10】



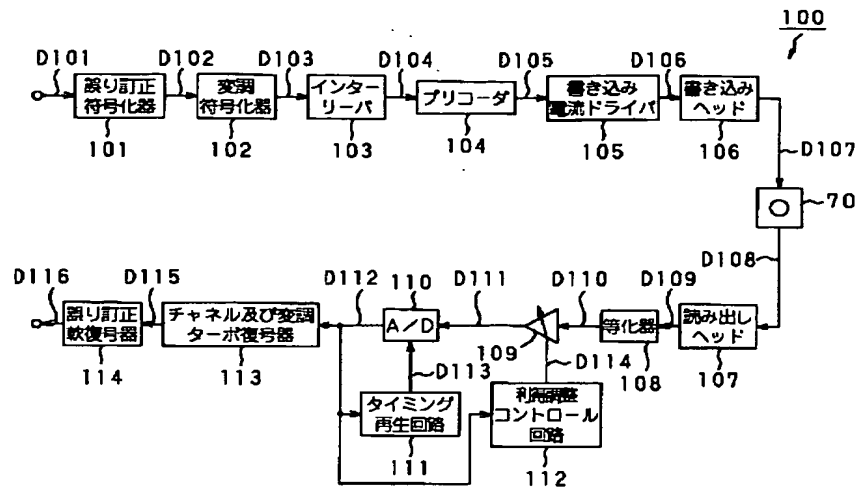
符号化器の構成ブロック図

【図 15】



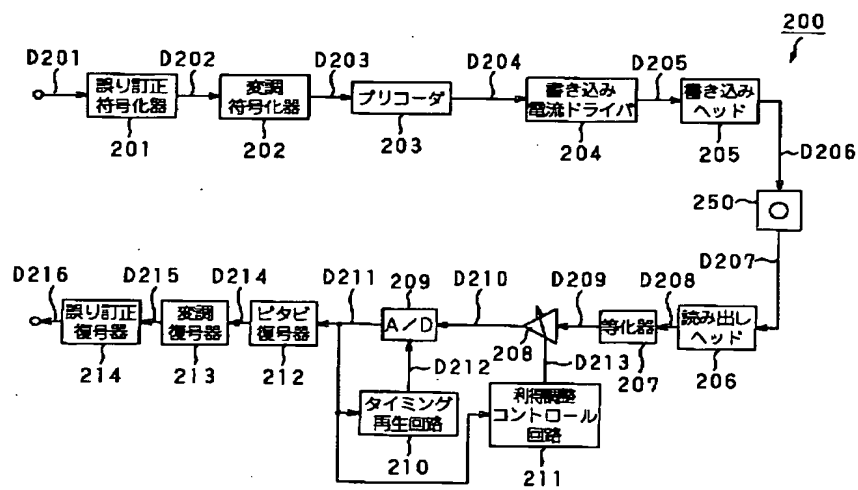
従来の変調復号器の構成ブロック図

【図 11】



磁気記録再生装置の構成ブロック図

【図 16】



従来の磁気記録再生装置の構成ブロック図

フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
13/13		13/13	
13/25		13/25	
13/29		13/29	

(72) 発明者 宮内 俊之
 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ
 ー株式会社内

F ターム (参考) 5D044 BC01 BC02 CC01 CC04 DE69
 DE83 DE84 FG04 FG06 GL20
 GL31 GM02
 5J065 AC03 AE02 AF02 AG05 AG06
 AH02 AH07 AH21